

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2003-177163

(P2003-177163A)

(43) 公開日 平成15年6月27日 (2003.6.27)

| (51) Int.Cl. <sup>7</sup> | 識別記号 | F I           | テ-マ-ト <sup>*</sup> (参考) |
|---------------------------|------|---------------|-------------------------|
| G 0 1 R 31/36             |      | G 0 1 R 31/36 | A 2 G 0 1 6             |
| H 0 1 M 10/48             |      | H 0 1 M 10/48 | P 5 H 0 3 0             |

審査請求 未請求 請求項の数20 O L (全 21 頁)

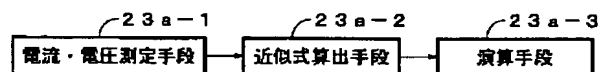
|              |                              |           |  |
|--------------|------------------------------|-----------|--|
| (21) 出願番号    | 特願2002-223340 (P2002-223340) | (71) 出願人  | 000006895<br>矢崎総業株式会社<br>東京都港区三田1丁目4番28号   |
| (22) 出願日     | 平成14年7月31日 (2002.7.31)       | (72) 発明者  | 荒井 洋一<br>静岡県裾野市御宿1500 矢崎総業株式会社<br>内  |
| (31) 優先権主張番号 | 特願2001-236961 (P2001-236961) | (74) 代理人  | 100060690<br>弁理士 瀧野 秀雄 (外3名)   |
| (32) 優先日     | 平成13年8月3日 (2001.8.3)         | Fターム (参考) | 2G016 CA03 CB01 CB02 CB06 CB12<br>CB21 CB23 CC01 CC02 CC03<br>CC20 CC23 CC24 CC27 CC28<br>CD02 CF03 CF07<br>5H030 BB21 FF42 FF44 |
| (33) 優先権主張国  | 日本 (J P)                     |           |  |

(54) 【発明の名称】 バッテリーにおける放電時電圧降下成分算出方法、並びに、放電時電圧降下成分分離算出方法及び装置

(57) 【要約】

【課題】 放電電流の大きさに応じて降下する端子電圧中の電圧降下成分を算出する方法、並びに、算出した成分を利用して電圧降下成分を分離するバッテリーにおける放電時電圧降下成分分離算出方法及び装置を提供する。

【解決手段】 負荷に、ピーク値まで単調増加した後、ピーク値から定常値まで単調減少する突入電流が流れている期間、バッテリーの放電電流とこの放電電流に対応する端子電圧とを電流・電圧測定手段23a-1が周期的に測定する。増加する突入電流に対する電流-電圧特性の第1の近似式と減少する突入電流に対する電流-電圧特性の第2の近似式とを近似式算出手段23a-2が求める。演算手段23a-3が、第1及び第2の近似式の放電電流0である点における端子電圧の差に基づいて算出した濃度分極による電圧降下を加算して濃度分極以外による電圧降下を濃度分極によるものと分離して算出する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 バッテリから負荷に電力を供給したとき  
 バッテリから放電される放電電流とこれに伴って変化する  
 端子電圧との関係を示す放電電流—端子電圧特性にお  
 いて、放電電流の大きさに応じて降下する端子電圧中の  
 電圧降下成分を算出するバッテリにおける放電時電圧降  
 下成分算出方法において、

前記負荷に、ピーク値まで単調増加した後、ピーク値か  
 ら定常値まで単調減少する突入電流が流れている期間、  
 前記バッテリの放電電流と該放電電流に対応する端子電  
 圧とを周期的に測定し、

該測定した放電電流と端子電圧との相関を示す前記増加  
 する突入電流に対する放電電流—端子電圧特性の第 1 の  
 近似式と前記減少する突入電流に対する放電電流—端子  
 電圧特性の第 2 の近似式とを求め、

前記第 1 の近似式の放電電流 0 である点における前記バ  
 ッテリの端子電圧と前記第 2 の近似式の放電電流 0 であ  
 る点における前記バッテリの端子電圧との差を求め、  
 該差を前記突入電流が流れたことによって発生した総濃  
 度分極による電圧降下と見なすことを特徴とするバッテ  
 リにおける放電時電圧降下成分算出方法。

【請求項 2】 バッテリから負荷に電力を供給したとき  
 バッテリから放電される放電電流とこれに伴って変化する  
 端子電圧との関係を示す放電電流—端子電圧特性にお  
 いて、放電電流の大きさに応じて降下する端子電圧中の  
 電圧降下成分を分離して算出するバッテリにおける放電  
 時電圧降下成分分離算出方法において、

前記負荷に、ピーク値まで単調増加した後、ピーク値か  
 ら定常値まで単調減少する突入電流が流れている期間、  
 前記バッテリの放電電流と該放電電流に対応する端子電  
 圧とを周期的に測定し、

該測定した放電電流と端子電圧との相関を示す前記増加  
 する突入電流に対する放電電流—端子電圧特性の第 1 の  
 近似式と前記減少する突入電流に対する放電電流—端子  
 電圧特性の第 2 の近似式とを求め、

前記第 1 及び第 2 の近似式の放電電流 0 である点におけ  
 る前記バッテリの端子電圧の差を求め、該差を前記突入  
 電流が流れたことによって発生した総濃度分極による電  
 圧降下と見なし、該差に基づいて任意の電流値における  
 濃度分極による電圧降下を算出するとともに、該算出し  
 た濃度分極による電圧降下を任意の電流値における端子  
 電圧に加算して前記濃度分極以外による電圧降下を算出  
 し、電圧降下成分を濃度分極によるものとそれ以外によ  
 るものとに分離して算出することを特徴とするバッテリ  
 における放電時電圧降下成分分離算出方法。

【請求項 3】 請求項 2 記載のバッテリにおける放電時  
 電圧降下成分分離算出方法において、  
 任意の電流値における濃度分極による電圧降下を、前記  
 突入電流が流れている期間に生じる総濃度分極に対する  
 任意の電流値までの放電電流が流れた期間に生じる濃度

分極の比率を前記差に乗じて算出することを特徴とする  
 バッテリにおける放電時電圧降下成分分離算出方法。

【請求項 4】 請求項 2 又は 3 記載のバッテリにおける  
 放電時電圧降下成分分離算出方法において、

前記任意の電流値が、単調増加する突入電流のピーク値  
 であり、

前記突入電流がピーク値まで増加する期間に生じる濃度  
 分極の前記総濃度分極に対する比率を前記差に乗じて前  
 記ピーク値における濃度分極による電圧降下を算出する  
 ことを特徴とするバッテリにおける放電時電圧降下成分  
 分離算出方法。

【請求項 5】 バッテリから負荷に電力を供給したとき  
 バッテリから放電される放電電流とこれに伴って変化する  
 端子電圧との関係を示す放電電流—端子電圧特性にお  
 いて、放電電流の大きさに応じて降下する端子電圧中の  
 電圧降下成分を分離して算出するバッテリにおける放電  
 時電圧降下成分分離算出方法において、

前記負荷に、ピーク値まで単調増加した後、ピーク値か  
 ら定常値まで単調減少する突入電流が流れている期間、  
 前記バッテリの放電電流と該放電電流に対応する端子電  
 圧とを周期的に測定し、

該測定した放電電流と端子電圧との相関を示す前記増加  
 する突入電流に対する放電電流—端子電圧特性の第 1 の  
 近似式と前記減少する突入電流に対する放電電流—端子  
 電圧特性の第 2 の近似式とを求め、

前記第 1 及び第 2 の近似式の放電電流 0 である点におけ  
 る前記バッテリの端子電圧の差を求め、該差を前記突入  
 電流が流れたことによって発生した濃度分極による電圧  
 降下と見なし、該差に、前記突入電流が流れている総時  
 間に対するピーク値に増加するまでの時間の比率を乗じ  
 て突入電流がピーク値に増加する期間に生じた濃度分極  
 による電圧降下を算出するとともに、該算出した濃度分  
 極による電圧降下をピーク値における端子電圧に加算し  
 て前記濃度分極以外による電圧降下成分を算出し、電圧  
 降下成分を濃度分極によるものとそれ以外によるものと  
 に分離して算出することを特徴とするバッテリにおける  
 放電時電圧降下成分分離算出方法。

【請求項 6】 請求項 5 記載のバッテリにおける放電時  
 電圧降下成分分離算出方法において、

前記算出したピーク値における濃度分極による電圧降下  
 に、前記突入電流がピーク値に増加する期間の任意の電  
 流値までの時間の前記突入電流がピーク値に増加する時  
 間に対する比率を乗じて、前記突入電流がピーク値に増  
 加する任意の電流値における濃度分極による電圧降下を  
 算出することを特徴とするバッテリにおける放電時電圧  
 降下成分分離算出方法。

【請求項 7】 請求項 6 記載のバッテリにおける放電時  
 電圧降下成分分離算出方法において、  
 前記差から、前記算出した突入電流がピーク値に増加す  
 る期間に生じた濃度分極による電圧降下を減算して、突

入電流がピーク値から 0 に減少する期間に生じた濃度分極による電圧降下を算出し、

該算出した減少する期間に生じた濃度分極による電圧降下に、前記突入電流がピーク値から減少する期間の任意の電流値までの時間の前記突入電流がピーク値から 0 に減少する時間に対する比率を乗じて、前記突入電流がピーク値から減少する任意の電流値における濃度分極による電圧降下を算出することを特徴とするバッテリーにおける放電時電圧降下成分分離算出方法。

【請求項 8】 請求項 2～7 の何れかに記載のバッテリーにおける放電時電圧降下成分分離算出方法において、前記濃度分極以外による電圧降下成分が、純抵抗及び活性化分極による電圧降下成分であることを特徴とするバッテリーにおける放電時電圧降下成分分離算出方法。

【請求項 9】 請求項 2～8 の何れかに記載のバッテリーにおける放電時電圧降下成分分離算出方法において、前記算出した濃度分極による電圧降下を利用し、前記第 1 及び第 2 の近似式から濃度分極による電圧降下を除いて濃度分極以外による電圧降下を表す前記第 1 及び第 2 の近似式の各々に対応する第 1 及び第 2 の修正近似式を求め、

該求めた第 1 及び第 2 の修正近似式と前記第 1 及び第 2 の近似式との差をそれぞれとり、前記第 1 及び第 2 の近似式の各々に対応する濃度分極のみによる電圧降下の第 1 及び第 2 の濃度成分近似式を求め、

該求めた濃度成分近似式に任意の電流値を代入して任意の電流値における濃度分極による電圧降下成分を分離して算出することを特徴とするバッテリーにおける放電時電圧降下成分分離算出方法。

【請求項 10】 請求項 9 記載のバッテリーにおける放電時電圧降下成分分離算出方法において、前記第 1 及び第 2 の修正近似式と予め求めた純抵抗による電圧降下を表す式との差をとり、前記第 1 及び第 2 の近似式の各々に対応する活性化分極のみによる電圧降下の第 1 及び第 2 の活性化分極近似式を求め、該求めた活性化成分近似式に任意の電流値を代入して任意の電流値における活性化分極による電圧降下成分を分離して算出することを特徴とするバッテリーにおける放電時電圧降下成分分離算出方法。

【請求項 11】 請求項 2～7 の何れかに記載のバッテリーにおける放電時電圧降下成分分離算出方法において、前記算出した濃度分極による電圧降下を利用し、前記第 1 及び第 2 の近似式から濃度分極による電圧降下を除いて濃度分極以外による電圧降下を表す前記第 1 及び第 2 の近似式の各々に対応する第 1 及び第 2 の修正近似式を求め、

該求めた第 1 及び第 2 の修正近似式の前記ピーク値に対応する点における単位電流変化当たりの 2 つの端子電圧変化の値の中間の値をバッテリーの純抵抗の値として算出し、該算出した純抵抗の値に電流値を乗じて純抵抗によ

る電圧降下を算出することを特徴とするバッテリーにおける放電時電圧降下成分分離算出方法。

【請求項 12】 請求項 11 記載のバッテリーにおける放電時電圧降下成分分離算出方法において、前記中間の値を、前記濃度分極による電圧降下を除いた前記第 1 及び第 2 の近似式の前記ピーク値に対応する点における単位電流変化当たりの 2 つの端子電圧変化の値を加算平均して求めることを特徴とするバッテリーにおける放電時電圧降下成分分離算出方法。

【請求項 13】 請求項 11 記載のバッテリーにおける放電時電圧降下成分分離算出方法において、前記中間の値を、前記濃度分極による電圧降下を除いた前記第 1 及び第 2 の近似式の前記ピーク値に対応する点における単位電流変化当たりの 2 つの端子電圧変化の値に、前記突入電流が流れている総時間に占める前記単調増加期間及び前記単調減少期間の時間の割合をそれぞれ乗じた上で加算して求めることを特徴とするバッテリーにおける放電時電圧降下成分分離算出方法。

【請求項 14】 請求項 11 記載のバッテリーにおける放電時電圧降下成分分離算出方法において、前記第 1 及び第 2 の近似式が二次式である場合、前記濃度分極による電圧降下を前記ピーク値に対応する電圧値から除いた値を、定数及び一次係数を前記第 1 の二次近似式と等しくした式に代入して二次係数を決定した二次式を前記第 1 の修正近似式として求めることを特徴とするバッテリーにおける放電時電圧降下成分分離算出方法。

【請求項 15】 請求項 14 記載のバッテリーにおける放電時電圧降下成分分離算出方法において、前記ピーク値における前記濃度分極による電圧降下を除いた電圧値以外に、ピーク値と 0 の間の濃度分極による電圧降下を除いた 2 つの電圧値を求め、該 3 つの電圧値を利用して係数を決定した二次式を前記第 2 の修正近似式として求めることを特徴とするバッテリーにおける放電時電圧降下成分分離算出方法。

【請求項 16】 請求項 15 記載のバッテリーにおける放電時電圧降下成分分離算出方法において、前記中間の値を求めるために、前記第 1 及び第 2 の修正近似式のピーク値での微分値を使用することを特徴とするバッテリーにおける放電時電圧降下成分分離算出方法。

【請求項 17】 請求項 10～15 の何れかに記載のバッテリーにおける放電時電圧降下成分分離算出方法において、

前記第 1 及び第 2 の修正近似式と前記算出した純抵抗による電圧降下を表す式との差をとり、前記第 1 及び第 2 の近似式の各々に対応する活性化分極のみによる電圧降下の第 1 及び第 2 の活性化分極近似式を求め、

該求めた活性化成分近似式に任意の電流値を代入して任意の電流値における活性化分極による電圧降下成分を分離して算出することを特徴とするバッテリーにおける放電時電圧降下成分分離算出方法。

【請求項 18】 バッテリから負荷に電力を供給したときバッテリから放電される放電電流とこれに伴って変化する端子電圧との関係を示す放電電流－端子電圧特性において、放電電流の大きさに応じて降下する端子電圧中の電圧降下成分を分離して算出するバッテリにおける放電時電圧降下成分分離算出装置において、前記負荷に、ピーク値まで単調増加した後、ピーク値から定常値まで単調減少する突入電流が流れている期間、前記バッテリの放電電流と該放電電流に対応する端子電圧とを周期的に測定する電流・電圧測定手段と、該電流・電圧測定手段によって測定した放電電流と端子電圧との相関を示す前記増加する突入電流に対する放電電流－端子電圧特性の第 1 の近似式と前記減少する突入電流に対する放電電流－端子電圧特性の第 2 の近似式とを求める近似式算出手段と、該近似式算出手段により求めた前記第 1 及び第 2 の近似式の放電電流 0 である点における前記バッテリの端子電圧の差を求め、該差を前記突入電流が流れたことによって発生した総濃度分極による電圧降下と見なし、該差に基づいて任意の電流値における濃度分極による電圧降下を算出するとともに、該算出した濃度分極による電圧降下を任意の電流値における端子電圧に加算して前記濃度分極以外による電圧降下を算出し、電圧降下成分を濃度分極によるものとそれ以外によるものとに分離して算出する演算手段とを備えることを特徴とするバッテリにおける放電時電圧降下成分分離算出装置。

【請求項 19】 請求項 18 記載のバッテリにおける放電時電圧降下成分分離算出方法において、前記演算手段は、任意の電流値における濃度分極による電圧降下成分を、前記突入電流が流れている期間に生じる総濃度分極に対する任意の電流値までの放電電流が流れた期間に生じる濃度分極の比率を前記差に乗じて算出することを特徴とするバッテリにおける放電時電圧降下成分分離算出装置。

【請求項 20】 バッテリから負荷に電力を供給したときバッテリから放電される放電電流とこれに伴って変化する端子電圧との関係を示す放電電流－端子電圧特性において、放電電流の大きさに応じて降下する端子電圧中の電圧降下成分を分離して算出するバッテリにおける放電時電圧降下成分分離算出装置において、前記負荷に、ピーク値まで単調増加した後、ピーク値から定常値まで単調減少する突入電流が流れている期間、前記バッテリの放電電流と該放電電流に対応する端子電圧とを周期的に測定する電流・電圧測定手段と、該電流・電圧測定手段によって測定した放電電流と端子電圧との相関を示す前記増加する突入電流に対する放電電流－端子電圧特性の第 1 の近似式と前記減少する突入電流に対する放電電流－端子電圧特性の第 2 の近似式とを求める近似式算出手段と、該近似式算出手段により求めた前記第 1 及び第 2 の近似

式の放電電流 0 である点における前記バッテリの端子電圧の差を求め、該差を前記突入電流が流れたことによって発生した濃度分極による電圧降下と見なし、該差に、前記突入電流が流れている総時間に対するピーク値に増加するまでの時間の比率を乗じて突入電流がピーク値に増加する期間に生じた濃度分極による電圧降下を算出するとともに、該算出した濃度分極による電圧降下をピーク値における端子電圧に加算して前記濃度分極以外による電圧降下成分を算出し、電圧降下成分を濃度分極によるものとそれ以外によるものとに分離して算出する演算手段とを備えることを特徴とするバッテリにおける放電時電圧降下成分分離算出装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明はバッテリにおける放電電流－端子電圧（ $I-V$ ）特性における電圧降下成分を算出する方法、並びに、算出した電圧降下成分によって電圧降下成分を分離して算出する放電時電圧降下成分分離算出方法及び装置に係り、より詳細には、バッテリから負荷に電力を供給したときバッテリから放電される放電電流とこれに伴って変化する端子電圧との関係を示す放電電流－端子電圧（ $I-V$ ）特性において、放電電流の大きさに応じて降下する端子電圧中の電圧降下成分を算出するバッテリにおける放電時電圧降下成分算出方法、並びに、電圧降下成分を分離して算出するバッテリにおける放電時電圧降下成分分離算出方法及び装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】一般に、バッテリは放電電流をカバーする充電を行うことによって、その充電容量の範囲内において繰り返し使用できるようになっているが、過放電や電解液不足などの不測の事態を招いた場合は勿論のこと、これらの事態を招かなくても、長期間にわたって使用し経年変化が起こると、放電によって負荷に供給できる電力量である放電可能容量が急激に低下するようになる。このため、経年変化によって放電可能容量の低下している状態においては、充電を上回る放電がわずかな期間発生しても、例えば車両に搭載したバッテリの場合には、エンジン停止後にスタータモータを起動してエンジンを再始動できなくなる事態を招きかねない。

【0003】因みに、新品と経年変化の生じているバッテリとを比較した場合、新品に比べて経年変化の生じているバッテリでは、その純抵抗が大きくなることが知られている。そのため、定期点検時などに、バッテリ交換の目安としてバッテリの純抵抗を測定することが考えられている。これは、純抵抗を知ることによって、純抵抗と分極抵抗成分との割合などを考慮し、劣化度を定めることができるからである。また、純抵抗が分かると、バッテリの開回路電圧を推定するためにも利用できるからである。

【0004】一般に、バッテリーから電流が放電されるとバッテリーの端子電圧に降下を生じる。この電圧降下は、バッテリーの内部インピーダンス（合成抵抗）によるものであるが、バッテリーの構造などに基因するIR損（純抵抗、すなわち、オーミック抵抗による電圧降下）と、化学的な反応に基因する分極抵抗成分（活性化分極、濃度分極）による電圧降下に分けることができる。バッテリーの放電電流－端子電圧（I－V）特性を求めた場合、図11に示すように、IR損による電圧降下は、バッテリーの状態が同じであれば純抵抗が一定値を保つため、放電電流の大きさに応じて直線的に増加する変化を示すことが知られている。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】しかし、分極抵抗成分による電圧降下は、分極が一定値を保たず、放電電流の大きさと放電時間によって変化する。このため、分極抵抗成分を含んだI－V特性からは、バッテリーの様々な状態を直接推定することは実質的にできないことがわっている。そこで、従来、分極抵抗成分を算出した純抵抗のみを測定するなど、I－V特性において、放電電流の大きさに応じて降下する端子電圧中の電圧降下成分を算出するとともに、分離して算出する技術が必要とされている。

【0006】しかも、バッテリーを対象として、使用状態にあるときに適用して有効に活用できるものが求められている。

【0007】よって、本発明は上述した状況に鑑み、使用中のバッテリーから負荷に電力を供給したときバッテリーから放電される放電電流とこれに伴って変化する端子電圧との関係を示すI－V特性において、放電電流の大きさに応じて降下する端子電圧中の電圧降下成分を算出するバッテリーにおける放電時電圧降下成分算出方法を提供することを課題としている。

【0008】発明はまた、上記I－V特性において、放電電流の大きさに応じて降下する端子電圧中の濃度分極による電圧降下成分を分離して算出するバッテリーにおける放電時電圧降下成分分離算出方法及び装置を提供することを課題としている。

【0009】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するため本発明によって成された請求項1はバッテリーにおける放電時電圧降下成分算出方法に関するもの、請求項2乃至請求項17記載の本発明はバッテリーにおける放電時電圧降下成分分離算出方法に関するものであり、請求項18及び20記載の本発明はバッテリーにおける放電時電圧降下成分分離算出装置に関するものである。

【0010】請求項1記載の発明は、バッテリーから負荷に電力を供給したときバッテリーから放電される放電電流とこれに伴って変化する端子電圧との関係を示す放電電流－端子電圧特性において、放電電流の大きさに応じて

降下する端子電圧中の電圧降下成分を算出するバッテリーにおける放電時電圧降下成分算出方法において、前記負荷に、ピーク値まで単調増加した後、ピーク値から定常値まで単調減少する突入電流が流れている期間、前記バッテリーの放電電流と該放電電流に対応する端子電圧とを周期的に測定し、該測定した放電電流と端子電圧との相関を示す前記増加する突入電流に対する放電電流－端子電圧特性の第1の近似式と前記減少する突入電流に対する放電電流－端子電圧特性の第2の近似式とを求め、前記第1の近似式の放電電流0である点における前記バッテリーの端子電圧と前記第2の近似式の放電電流0である点における前記バッテリーの端子電圧との差を求め、該差を前記突入電流が流れたことによって発生した総濃度分極による電圧降下と見なすことを特徴とするバッテリーにおける放電時電圧降下成分算出方法に存する。

【0011】上述した請求項1記載の手順によれば、負荷にピーク値まで単調増加した後、ピーク値から定常値まで単調減少する突入電流が流れている期間、バッテリーの放電電流と該放電電流に対応する端子電圧とを周期的に測定してこれら放電電流と端子電圧との相関を示す増加する突入電流に対する放電電流－端子電圧特性の第1の近似式と前記減少する突入電流に対する放電電流－端子電圧特性の第2の近似式とを求める。

【0012】次に、第1及び第2の近似式の放電電流0である点におけるバッテリーの端子電圧には濃度分極による電圧降下以外の電圧が0であるとして、これらの差によって前記突入電流が流れたことによって発生した総濃度分極による電圧降下を算出しているので、この濃度分極による電圧降下以外による電圧降下も分離して算出することができる。

【0013】請求項2記載の発明は、バッテリーから負荷に電力を供給したときバッテリーから放電される放電電流とこれに伴って変化する端子電圧との関係を示す放電電流－端子電圧特性において、放電電流の大きさに応じて降下する端子電圧中の電圧降下成分を分離して算出するバッテリーにおける放電時電圧降下成分分離算出方法において、前記負荷に、ピーク値まで単調増加した後、ピーク値から定常値まで単調減少する突入電流が流れている期間、前記バッテリーの放電電流と該放電電流に対応する端子電圧とを周期的に測定し、該測定した放電電流と端子電圧との相関を示す前記増加する突入電流に対する放電電流－端子電圧特性の第1の近似式と前記減少する突入電流に対する放電電流－端子電圧特性の第2の近似式とを求め、前記第1及び第2の近似式の放電電流0である点における前記バッテリーの端子電圧の差を求め、該差を前記突入電流が流れたことによって発生した総濃度分極による電圧降下と見なし、該差に基づいて任意の電流値における濃度分極による電圧降下を算出するとともに、該算出した濃度分極による電圧降下を任意の電流値

における端子電圧に加算して前記濃度分極以外による電圧降下を算出し、電圧降下成分を濃度分極によるものとそれ以外によるものとに分離して算出することの特徴とするバッテリーにおける放電時電圧降下成分分離算出方法に存する。

【0014】上述した請求項2記載の手順によれば、負荷にピーク値まで単調増加した後、ピーク値から定常値まで単調減少する突入電流が流れている期間、バッテリーの放電電流と該放電電流に対応する端子電圧とを周期的に測定してこれら放電電流と端子電圧との相関を示す増加する突入電流に対する放電電流—端子電圧特性の第1の近似式と前記減少する突入電流に対する放電電流—端子電圧特性の第2の近似式とを求める。

【0015】次に、第1及び第2の近似式の放電電流0である点におけるバッテリーの端子電圧の差に基づいて任意の電流値における濃度分極による電圧降下を算出するとともに、この算出した濃度分極による電圧降下を任意の電流値における端子電圧に加算して濃度分極以外による電圧降下を算出し、電圧降下成分を濃度分極によるものとそれ以外によるものとに分離して算出する。以上のように、第1及び第2の近似式の放電電流0である点におけるバッテリーの端子電圧の差を、突入電流が流れたことによって発生した総濃度分極による電圧降下と見なしているため、この総濃度分極による電圧降下を電流値とその電流値に至る時間とによって按分することで、濃度分極による電圧降下とそれ以外による電圧降下に分離して算出することができる。

【0016】請求項3記載の発明は、請求項2記載のバッテリーにおける放電時電圧降下成分分離算出方法において、任意の電流値における濃度分極による電圧降下を、前記突入電流が流れている期間に生じる総濃度分極に対する任意の電流値までの放電電流が流れた期間に生じる濃度分極の比率を前記差に乘じて算出することの特徴とするバッテリーにおける放電時電圧降下成分分離算出方法に存する。

【0017】上述した請求項3記載の手順によれば、濃度分極の大きさが電流の大きさとその流れている時間とに比例していることに着目し、任意の電流値における濃度分極による電圧降下を、突入電流が流れている期間に生じる総濃度分極に対する任意の電流値までの放電電流が流れた期間に生じる濃度分極の比率を差に乘じて算出しているため、任意時点での濃度分極による電圧降下を他と分離して算出することができる。

【0018】請求項4記載の発明は、請求項2又は3記載のバッテリーにおける放電時電圧降下成分分離算出方法において、前記任意の電流値が、単調増加する突入電流のピーク値であり、前記突入電流がピーク値まで増加する期間に生じる濃度分極の前記総濃度分極に対する比率を前記差に乘じて前記ピーク値における濃度分極による電圧降下を算出することの特徴とするバッテリーにおける

放電時電圧降下成分分離算出方法に存する。

【0019】上述した請求項4記載の手順によれば、突入電流がピーク値まで増加する期間に生じる濃度分極の総濃度分極に対する比率を上記差に乘じてピーク値における濃度分極による電圧降下を算出しているため、突入電流のピーク値での、端子電圧の電圧降下成分を濃度分極によるものとそれ以外のものとに分離して算出することができる。

【0020】請求項5記載の発明は、バッテリーから負荷に電力を供給したときバッテリーから放電される放電電流とこれに伴って変化する端子電圧との関係を示す放電電流—端子電圧特性において、放電電流の大きさに応じて降下する端子電圧中の電圧降下成分を分離して算出するバッテリーにおける放電時電圧降下成分分離算出方法において、前記負荷に、ピーク値まで単調増加した後、ピーク値から定常値まで単調減少する突入電流が流れている期間、前記バッテリーの放電電流と該放電電流に対応する端子電圧とを周期的に測定し、該測定した放電電流と端子電圧との相関を示す前記増加する突入電流に対する放電電流—端子電圧特性の第1の近似式と前記減少する突入電流に対する放電電流—端子電圧特性の第2の近似式とを求め、前記第1及び第2の近似式の放電電流0である点における前記バッテリーの端子電圧の差を求め、該差を前記突入電流が流れたことによって発生した濃度分極による電圧降下と見なし、該差に、前記突入電流が流れている総時間に対するピーク値に増加するまでの時間の比率を乘じて突入電流がピーク値に増加する期間に生じた濃度分極による電圧降下を算出するとともに、該算出した濃度分極による電圧降下をピーク値における端子電圧に加算して前記濃度分極以外による電圧降下成分を算出し、電圧降下成分を濃度分極によるものとそれ以外によるものとに分離して算出することの特徴とするバッテリーにおける放電時電圧降下成分分離算出方法に存する。

【0021】上述した請求項5記載の手順によれば、請求項1と同様に求めた第1及び第2の近似式の放電電流0である点におけるバッテリーの端子電圧の差に、突入電流が流れている総時間に対するピーク値に増加するまでの時間の比率を乘じて突入電流がピーク値に増加する期間に生じた濃度分極による電圧降下を算出するとともに、この算出した濃度分極による電圧降下をピーク値における端子電圧に加算して濃度分極以外による電圧降下成分を算出し、電圧降下成分を濃度分極によるものとそれ以外によるものとに分離して算出する。以上のように、第1及び第2の近似式の放電電流0である点におけるバッテリーの端子電圧の差を、突入電流が流れたことによって発生した濃度分極による電圧降下と見なしているため、この電圧降下に突入電流の総時間に対する増加時間の比率を乘じてピーク値における濃度分極による電圧降下を求め、これを端子電圧に加算してピーク値における濃度分極による電圧降下とそれ以外による電圧降下に

分離して算出することができる。

【0022】請求項6記載の発明は、請求項5記載のバッテリーにおける放電時電圧降下成分分離算出方法において、前記算出したピーク値における濃度分極による電圧降下に、前記突入電流がピーク値に増加する期間の任意の電流値までの時間の前記突入電流がピーク値に増加する時間に対する比率を乗じて、前記突入電流がピーク値に増加する任意の電流値における濃度分極による電圧降下を算出することを特徴とするバッテリーにおける放電時電圧降下成分分離算出方法に存する。

【0023】上述した請求項6記載の手順によれば、ピーク値における濃度分極による電圧降下に、突入電流がピーク値に増加する期間の任意の電流値までの時間の突入電流がピーク値に増加する時間に対する比率を乗じて、突入電流がピーク値に増加する任意の電流値における濃度分極による電圧降下を算出するので、突入電流の増加期間の任意の電流値での濃度分極による電圧降下とそれ以外の電圧降下とを分離して算出することができる。

【0024】請求項7記載の発明は、請求項6記載のバッテリーにおける放電時電圧降下成分分離算出方法において、前記差から、前記算出した突入電流がピーク値に増加する期間に生じた濃度分極による電圧降下を減算して、突入電流がピーク値から0に減少する期間に生じた濃度分極による電圧降下を算出し、該算出した減少する期間に生じた濃度分極による電圧降下に、前記突入電流がピーク値から減少する期間の任意の電流値までの時間の前記突入電流がピーク値から0に減少する時間に対する比率を乗じて、前記突入電流がピーク値から減少する任意の電流値における濃度分極による電圧降下を算出することを特徴とするバッテリーにおける放電時電圧降下成分分離算出方法に存する。

【0025】上述した請求項7記載の手順によれば、突入電流の流れた期間の電圧降下である放電電流0のときの電圧差から、前記増加期間に生じた濃度分極による電圧降下を減算して、減少期間の濃度分極による電圧降下を算出し、この算出した減少期間に生じた濃度分極による電圧降下に、減少期間の任意の電流値までの時間の突入電流がピーク値から0に減少する時間に対する比率を乗じて、減少期間の任意の電流値における濃度分極による電圧降下を算出するので、突入電流の減少期間の任意の電流値での濃度分極による電圧降下とそれ以外の電圧降下とを分離して算出することができる。

【0026】請求項8記載の発明は、請求項2～7の何れかに記載のバッテリーにおける放電時電圧降下成分分離算出方法において、前記濃度分極以外による電圧降下成分が、純抵抗及び活性化分極による電圧降下成分であることを特徴とするバッテリーにおける放電時電圧降下成分分離算出方法に存する。

【0027】上述した請求項8記載の手順によれば、濃

度分極以外による電圧降下成分が、純抵抗及び活性化分極による電圧降下成分であって、端子電圧の電圧降下を濃度分極による電圧降下と純抵抗及び活性化分極による電圧降下とに分離して算出することができる。

【0028】請求項9記載の発明は、請求項2～8の何れかに記載のバッテリーにおける放電時電圧降下成分分離算出方法において、前記算出した濃度分極による電圧降下を利用し、前記第1及び第2の近似式から濃度分極による電圧降下を除いて濃度分極以外による電圧降下を表す前記第1及び第2の近似式の各々に対応する第1及び第2の修正近似式を求め、該求めた第1及び第2の修正近似式と前記第1及び第2の近似式との差をそれぞれとり、前記第1及び第2の近似式の各々に対応する濃度分極のみによる電圧降下の第1及び第2の濃度成分近似式を求め、該求めた濃度成分近似式に任意の電流値を代入して任意の電流値における濃度分極による電圧降下成分を分離して算出することを特徴とするバッテリーにおける放電時電圧降下成分分離算出方法に存する。

【0029】上述した請求項9記載の手順によれば、任意の電流値における濃度分極による電圧降下を利用し、第1及び第2の近似式から濃度分極による電圧降下を除いて濃度分極以外による電圧降下を表す第1及び第2の近似式の各々に対応する第1及び第2の修正近似式を求め、この求めた第1及び第2の修正近似式と第1及び第2の近似式との差をそれぞれとり、第1及び第2の近似式の各々に対応する濃度分極のみによる電圧降下の第1及び第2の濃度成分近似式を求め、この求めた濃度成分近似式に任意の電流値を代入して任意の電流値における濃度分極による電圧降下成分を分離して算出するので、濃度分極のみによる電圧降下が第1及び第2の濃度成分近似式により一般化され、個々の電圧降下を分離して算出しなくてもよくなる。

【0030】請求項10記載の発明は、請求項9記載のバッテリーにおける放電時電圧降下成分分離算出方法において、前記第1及び第2の修正近似式と予め求めた純抵抗による電圧降下を表す式との差をとり、前記第1及び第2の近似式の各々に対応する活性化分極のみによる電圧降下の第1及び第2の活性化分極近似式を求め、該求めた活性化成分近似式に任意の電流値を代入して任意の電流値における活性化分極による電圧降下成分を分離して算出することを特徴とするバッテリーにおける放電時電圧降下成分分離算出方法に存する。

【0031】上述した請求項10記載の手順によれば、濃度分極による電圧降下を除いた第1及び第2の修正近似式と予め求めた純抵抗による電圧降下を表す式との差をとり、第1及び第2の近似式の各々に対応する活性化分極のみによる電圧降下の第1及び第2の活性化分極近似式を求め、この求めた活性化分極の近似式に任意の電流値を代入して任意の電流値における活性化分極による電圧降下成分を分離して算出するので、端子電圧の電圧

降下を、濃度分極による電圧降下、純抵抗による電圧降下、及び、活性化分極による電圧降下に分解して算出することができる。

【0032】請求項1記載の発明は、請求項2～7の何れかに記載のバッテリーにおける放電時電圧降下成分分離算出方法において、前記算出した濃度分極による電圧降下を利用し、前記第1及び第2の近似式から濃度分極による電圧降下を除いて濃度分極以外による電圧降下を表す前記第1及び第2の近似式の各々に対応する第1及び第2の修正近似式を求め、該求めた第1及び第2の修正近似式の前記ピーク値に対応する点における単位電流変化当たりの2つの端子電圧変化の値の中間の値をバッテリーの純抵抗の値として算出し、該算出した純抵抗の値に電流値を乗じて純抵抗による電圧降下を算出することを特徴とするバッテリーにおける放電時電圧降下成分分離算出方法に存する。

【0033】上述した請求項1記載の手順によれば、算出した濃度分極による電圧降下を利用し、第1及び第2の近似式から濃度分極による電圧降下を除いて濃度分極以外による電圧降下を表す第1及び第2の近似式の各々に対応する第1及び第2の修正近似式を求め、この求めた第1及び第2の修正近似式のピーク値に対応する点における単位電流変化当たりの2つの端子電圧変化の値の中間の値をバッテリーの純抵抗の値として算出し、この算出した純抵抗の値に電流値を乗じて純抵抗による電圧降下を算出するので、濃度分極による電圧降下以外の電圧降下から純抵抗による電圧降下を分離して算出することができる。

【0034】請求項1記載の発明は、請求項1記載のバッテリーにおける放電時電圧降下成分分離算出方法において、前記中間の値を、前記濃度分極による電圧降下を除いた前記第1及び第2の近似式の前記ピーク値に対応する点における単位電流変化当たりの2つの端子電圧変化の値を加算平均して求めることを特徴とするバッテリーにおける放電時電圧降下成分分離算出方法に存する。

【0035】上述した請求項1記載の手順によれば、中間の値を、濃度分極による電圧降下を除いた第1及び第2の近似式のピーク値に対応する点における単位電流変化当たりの2つの端子電圧変化の値を加算平均して求めているので、ピーク値に対応する点での活性化分極の変化が等しくなる場合には、第1及び第2の近似式のピーク値に対応する点における微分値を加算して2で割ることで、バッテリーの純抵抗を測定することができる。

【0036】請求項1記載の発明は、請求項1記載のバッテリーにおける放電時電圧降下成分分離算出方法において、前記中間の値を、前記濃度分極による電圧降下を除いた前記第1及び第2の近似式の前記ピーク値に対応する点における単位電流変化当たりの2つの端子電圧変化の値に、前記突入電流が流れている総時間に占める前記単調増加期間及び前記単調減少期間の時間の割合を

それぞれ乗じた上で加算して求めることを特徴とするバッテリーにおける放電時電圧降下成分分離算出方法に存する。

【0037】上述した請求項1記載の手順によれば、中間の値を、濃度分極による電圧降下を除いた第1及び第2の近似式のピーク値に対応する点における単位電流変化当たりの2つの端子電圧変化の値に、突入電流が流れている総時間に占める単調増加期間及び単調減少期間の時間の割合をそれぞれ乗じた上で加算して求めているので、活性化分極と濃度分極とが相互に影響し合うことを考慮した中間の値を求め、バッテリーの純抵抗の値として測定することができる。

【0038】請求項1記載の発明は、請求項1記載のバッテリーにおける放電時電圧降下成分分離算出方法において、前記第1及び第2の近似式が二次式である場合、前記濃度分極による電圧降下を前記ピーク値に対応する電圧値から除いた値を、定数及び一次係数を前記第1の二次近似式と等しくした式に代入して二次係数を決定した二次式を前記第1の修正近似式として求めることを特徴とするバッテリーにおける放電時電圧降下成分分離算出方法に存する。

【0039】上述した請求項1記載の手順によれば、第1及び第2の近似式が二次式である場合、濃度分極による電圧降下をピーク値に対応する電圧値から除いた値を、定数及び一次係数を前記第1の二次近似式と等しくした式に代入して二次係数を決定した二次式を第1の修正近似式として求めているので、精度良く濃度分極を除いた修正近似式を得ることができる。

【0040】請求項1記載の発明は、請求項1記載のバッテリーにおける放電時電圧降下成分分離算出方法において、前記ピーク値における前記濃度分極による電圧降下を除いた電圧値以外に、ピーク値と0の間の濃度分極による電圧降下を除いた2つの電圧値を求め、該3つの電圧値を利用して係数を決定した二次式を前記第2の修正近似式として求めることを特徴とするバッテリーにおける放電時電圧降下成分分離算出方法に存する。

【0041】上述した請求項1記載の手順によれば、ピーク値における濃度分極による電圧降下を除いた電圧値以外に、ピーク値と0の間の濃度分極による電圧降下を除いた2つの電圧値を求め、該3つの電圧値を利用して係数を決定した二次式を第2の修正近似式として求めているので、濃度分極による電圧降下を除いた第2の二次修正近似式を簡単に求めることができる。

【0042】請求項1記載の発明は、請求項1記載のバッテリーにおける放電時電圧降下成分分離算出方法において、前記中間の値を求めるために、前記第1及び第2の修正近似式のピーク値での微分値を使用することを特徴とするバッテリーにおける放電時電圧降下成分分離算出方法に存する。

【0043】上述した請求項1記載の手順によれば、



第 1 及び第 2 の修正近似式が共に二次式であるとき、ピーク値での微分値の中間の値を求めるだけでよいので、純抵抗を単純な計算によって測定することができる。

【0044】請求項 17 記載の発明は、請求項 10～15 の何れかに記載のバッテリーにおける放電時電圧降下成分分離算出方法において、前記第 1 及び第 2 の修正近似式と前記算出した純抵抗による電圧降下を表す式との差をとり、前記第 1 及び第 2 の近似式の各々に対応する活性化分極のみによる電圧降下の第 1 及び第 2 の活性化分極近似式を求め、該求めた活性化成分近似式に任意の電流値を代入して任意の電流値における活性化分極による電圧降下成分を分離して算出することを特徴とするバッテリーにおける放電時電圧降下成分分離算出方法に存する。

【0045】上述した請求項 17 記載の手順によれば、第 1 及び第 2 の修正近似式と算出した純抵抗による電圧降下を表す式との差をとり、第 1 及び第 2 の近似式の各々に対応する活性化分極のみによる電圧降下の第 1 及び第 2 の活性化分極近似式を求め、この求めた活性化成分近似式に任意の電流値を代入して任意の電流値における活性化分極による電圧降下成分を分離して算出しているので、活性化分極のみによる電圧降下が第 1 及び第 2 の活性化成分近似式により一般化され、個々の電圧降下を分離して算出なくて、端子電圧の電圧降下を、濃度分極による電圧降下、純抵抗による電圧降下、及び、活性化分極による電圧降下に分解して算出することができる。

【0046】請求項 18 記載の発明は、図 1 の基本構成図に示すように、バッテリーから負荷に電力を供給したときバッテリーから放電される放電電流とこれに伴って変化する端子電圧との関係を示す放電電流—端子電圧特性において、放電電流の大きさに応じて降下する端子電圧中の電圧降下成分を分離して算出するバッテリーにおける放電時電圧降下成分分離算出装置において、前記負荷に、ピーク値まで単調増加した後、ピーク値から定常値まで単調減少する突入電流が流れている期間、前記バッテリーの放電電流と該放電電流に対応する端子電圧とを周期的に測定する電流・電圧測定手段 23a-1 と、該電流・電圧測定手段により測定した放電電流と端子電圧との相関を示す前記増加する突入電流に対する放電電流—端子電圧特性の第 1 の近似式と前記減少する突入電流に対する放電電流—端子電圧特性の第 2 の近似式とを求める近似式算出手段 23a-2 と、該電流・電圧測定手段により求めた前記第 1 及び第 2 の近似式の放電電流 0 である点における前記バッテリーの端子電圧の差を求め、該差を前記突入電流が流れたことによって発生した総濃度分極による電圧降下と見なし、該差に基づいて任意の電流値における濃度分極による電圧降下を算出するとともに、該算出した濃度分極による電圧降下を任意の電流値における端子電圧に加算して前記濃度分極以外による電圧降

下を算出し、電圧降下成分を濃度分極によるものとそれ以外によるものとに分離して算出する演算手段 23a-3 とを備えることを特徴とするバッテリーにおける放電時電圧降下成分分離算出装置に存する。

【0047】上述した請求項 18 記載の手順によれば、負荷に、ピーク値まで単調増加した後、ピーク値から定常値まで単調減少する突入電流が流れている期間、バッテリーの放電電流とこの放電電流に対応する端子電圧とを電流・電圧測定手段 23a-1 が周期的に測定し、この測定した放電電流と端子電圧との相関を示す増加する放電電流に対する電流—電圧特性の第 1 の近似式と減少する放電電流に対する電流—電圧特性の第 2 の近似式とを近似式算出手段 23a-2 が求める。そして、演算手段 23a-3 が、電流・電圧測定手段により求めた第 1 及び第 2 の近似式の放電電流 0 である点におけるバッテリーの端子電圧の差に基づいて任意の電流値における濃度分極による電圧降下を算出するとともに、この算出した濃度分極による電圧降下を任意の電流値における端子電圧に加算して濃度分極以外による電圧降下を算出し、電圧降下成分を濃度分極によるものとそれ以外によるものとに分離して算出するようになっている。以上のように、第 1 及び第 2 の近似式の放電電流 0 である点におけるバッテリーの端子電圧の差を、突入電流が流れたことによって発生した総濃度分極による電圧降下と見なしているもので、この総濃度分極による電圧降下を電流値とその電流値に至る時間とによって按分することで、濃度分極による電圧降下とそれ以外による電圧降下に分離して算出することができる。

【0048】請求項 19 記載の発明は、請求項 18 記載のバッテリーにおける放電時電圧降下成分分離算出方法において、前記演算手段は、任意の電流値における濃度分極を、前記突入電流が流れている期間に生じる総濃度分極に対する任意の電流値までの放電電流が流れた期間に生じる濃度分極の比率を前記差に乗じて算出することを特徴とするバッテリーにおける放電時電圧降下成分分離算出装置に存する。

【0049】上述した請求項 19 記載の手順によれば、濃度分極の大きさが電流の大きさとその流れている時間とに比例していることに着目し、演算手段 23a-3 が、任意の電流値における濃度分極による電圧降下成分を、突入電流が流れている期間に生じる総濃度分極に対する任意の電流値までの放電電流が流れた期間に生じる濃度分極の比率を差に乗じて算出しているので、任意時点での濃度分極による電圧降下を他と分離して算出することができる。

【0050】請求項 20 記載の発明は、バッテリーから車両の負荷に電力を供給したときバッテリーから放電される放電電流とこれに伴って変化する端子電圧との関係を示す放電電流—端子電圧特性において、放電電流の大きさに応じて降下する端子電圧中の電圧降下成分を分離して

算出するバッテリーにおける放電時電圧降下成分分離算出装置において、前記負荷に、ピーク値まで単調増加した後、ピーク値から定常値まで単調減少する突入電流が流れている期間、前記バッテリーの放電電流と該放電電流に対応する端子電圧とを周期的に測定する電流・電圧測定手段 23a-1 と、該電流・電圧測定手段によって測定した放電電流と端子電圧との相関を示す前記増加する突入電流に対する放電電流-端子電圧特性の第 1 の近似式と前記減少する突入電流に対する放電電流-端子電圧特性の第 2 の近似式とを求める近似式算出手段 23a-2 と、該近似式算出手段により求めた前記第 1 及び第 2 の近似式の放電電流 0 である点における前記バッテリーの端子電圧の差を求め、該差を前記突入電流が流れたことによって発生した濃度分極による電圧降下と見なし、該差に、前記突入電流が流れている総時間に対する 0 からピーク値に増加するまでの時間の比率を乗じて突入電流が 0 からピーク値に増加する期間に生じた濃度分極による電圧降下を算出するとともに、該算出した濃度分極による電圧降下をピーク値における端子電圧に加算して前記濃度分極以外による電圧降下成分を算出し、電圧降下成分を濃度分極によるものとそれ以外によるものとに分離して算出する演算手段 23a-3 とを備えることを特徴とするバッテリーにおける放電時電圧降下成分分離算出装置に存する。

【0051】 上述した請求項 20 記載の手順によれば、請求項 18 と同様に、演算手段 23a-3 が、近似式算出手段 23a-2 によって求めた第 1 及び第 2 の近似式の放電電流 0 である点におけるバッテリーの端子電圧の差に、突入電流が流れている総時間に対する 0 からピーク値に増加するまでの時間の比率を乗じて突入電流が 0 からピーク値に増加する期間に生じた濃度分極による電圧降下を算出するとともに、この算出した濃度分極による電圧降下をピーク値における端子電圧に加算して濃度分極以外による電圧降下成分を算出し、電圧降下成分を濃度分極によるものとそれ以外によるものとに分離して算出するようにしている。以上のように、第 1 及び第 2 の近似式の放電電流 0 である点におけるバッテリーの端子電圧の差を、突入電流が流れたことによって発生した濃度分極による電圧降下と見なし、この電圧降下に突入電流の総時間に対する増加時間の比率を乗じてピーク値における濃度分極による電圧降下を求め、これを端子電圧に加算してピーク値における濃度分極による電圧降下とそれ以外による電圧降下に分離して算出することができる。

#### 【0052】

【発明の実施の形態】 以下、本発明によるバッテリーにおける放電時電圧降下成分分離算出装置を図 2 を参照して説明する前に、図 3 ～ 図 9 を参照して本発明によるバッテリーにおける放電時電圧降下成分分離算出方法を説明する。

【0053】 ところで、バッテリーが例えば車両に搭載された場合、バッテリーから電力供給されて動作する車両負荷として、12V 車、42V 車、EV 車、HEV 車には、スタータモータ、モータジェネレータ、走行用モータなどの大電流を必要とする各種の負荷が搭載されている。例えば、スタータモータ又はこれに類する大電流負荷をオンしたとき、負荷には、その駆動開始の初期の段階で突入電流が流れた後、負荷の大きさに応じた定常値の電流が流れるようになる。因みに、負荷がランプである場合には、突入電流に相当するものをラッシュ電流と呼ぶこともある。

【0054】 スタータモータとして直流モータを使用している場合、界磁コイルに流れる突入電流は、図 3 に示すように、負荷駆動開始直後の例えば 3 ミリ秒という短時間内に、ほぼ 0 から定常電流に比べて何倍も大きなピーク値、例えば 500 (A) まで単調増加した後、このピーク値から例えば 150 ミリ秒という短時間内に負荷の大きさに応じた定常値まで単調減少するような流れ方をし、バッテリーから放電電流として供給される。したがって、負荷に突入電流が流れる状況で、バッテリーの放電電流とこれに対応する端子電圧を測定することによって、0 からピーク値に至る広い範囲の電流変化に対する端子電圧の変化を示すバッテリーの放電電流 (I) - 端子電圧 (V) 特性を測定することができる。

【0055】 そこで、スタータモータをオンしたときに流れる突入電流に相当する模擬的な放電として、0 からほぼ 200 A まで 0.25 秒かけて増加し、同じ時間をかけてピーク値から 0 まで減少する放電を電子負荷を使用してバッテリーに行わせ、そのときのバッテリーの放電電流と端子電圧とを対にして短い一定周期で測定し、これによって得た測定データ対を横軸に放電電流、縦軸に端子電圧をそれぞれ対応させてプロットして図 4 に示すグラフを得た。図 4 のグラフに示す放電電流の増加時と減少時の放電電流-端子電圧特性は、最小二乗法を用いて以下のような二次式に近似できる。

$$V = a1 I^2 + b1 I + c1 \quad \cdots \cdots (1)$$

$$V = a2 I^2 + b2 I + c2 \quad \cdots \cdots (2)$$

なお、図中には、二次の近似式の曲線も重ねて描かれている。

【0056】 図 4 中において、電流増加方向の近似曲線の切片と電流減少方向の近似曲線の切片の電圧差は、電流が流れていない 0 (A) の時の電圧差であるため、純抵抗と活性化分極による電圧降下を含まない、放電によって新たに発生した濃度分極のみによる電圧降下と考えられる。従って、この電圧差は、濃度分極のみによるものであり、この電流 0 (A) 点の濃度分極を  $V_{polc0}$  とする。この濃度分極  $V_{polc0}$  は、突入電流の大きさに電流の流れた時間を乗じて積算したもの、すなわち  $A \cdot h$  (短時間なので、以下  $A \cdot sec$  で表す) として求められる。

【0057】次に、この電流 0 (A) 点の濃度分極  $V_{polc0}$  を利用して電流ピーク値の濃度分極を算出する方法

$$V_{polcp} = [(\text{電流増加時の } A_{sec}) / (\text{放電全体の } A_{sec})] \times V_{polc0} \quad \dots\dots (3)$$

なお、放電全体の  $A_{sec}$  は次式で表される。

$$\text{放電全体の } A_{sec} = (\text{電流増加時の } A_{sec} + \text{電流減少時の } A_{sec})$$

【0058】一般的には、電流増加時と減少時の電流は直線的に変化すると見なし得るので、簡略的には、 $V_{polc0}$  を、増加時間と減少時間の総時間  $T_s$  を増加と減少に要した時間  $T_z$  及び  $T_g$  で按分することによって、増

加時に発生した濃度分極による電圧降下と減少時に発生した濃度分極による電圧降下に分解することができ、以下のように表現できる。

$$V_{polcp} = [T_z / T_s] \times V_{polc0} \quad \dots\dots (3')$$

なお、 $T_z = T_s$  の場合には、 $V_{polcp} = V_{polc0} / 2$  となる。

【0059】また、この求めたピーク値での濃度分極  $V_{polcp}$  に時間  $t_z$  の間の任意の時点の時間比率を乗じることによって、増加時の任意の時点の任意の電流値での濃度分極による電圧降下も求めることができる。さら

に、濃度分極  $V_{polc0}$  からピーク値での濃度分極  $V_{polcp}$  を差し引いたものは、減少時に発生した濃度分極とみなせるので、これに、時間  $T_g$  の間の任意の時点の時間比率を乗じることによって、減少時の任意の時点の任意の電流値での濃度分極による電圧降下も求めることができる。

【0060】上述のようにして求めたピーク値における濃度分極  $V_{polcp}$  を式 (1) のピーク値における電圧に加算して、図 5 に示すように、ピーク値における濃度分極を削除する。なお、ピーク値における濃度分極を削除した後の電圧を  $V_1$  とすると、 $V_1$  は次式で表される。

$$V_1 = a_1 I_{p2} + b_1 I_p + c_1 + V_{polcp}$$

$I_p$  はピーク値における電流値である。

【0061】次に、上述のようにして求めた  $V_1$  を利用して次式で表される、図 5 に示すような純抵抗と活性化分極だけの電圧降下曲線を求める。

$$V = a_3 I^2 + b_3 I + c_3 \quad \dots\dots (4)$$

【0062】式 (1) および (4) で表される特性の初期状態、すなわち、電流が 0 (A) の点に注目すると、初期状態での分極は等しいので、 $c_3 = c_1$  である。また、電流増加の初期状態から電流は急激に増加するが、濃度分極の反応は遅く、反応がほとんど進行していないとすると、式 (1) および (4) の電流が 0 (A) の点の微分値は等しくなるので、 $b_3 = b_1$  である。従って、 $c_3 = c_1$ 、 $b_3 = b_1$  を代入することで、式 (4) は

$$V = a_3 I^2 + b_1 I + c_1 \quad \dots\dots (5)$$

と書き直され、未知数は  $a_3$  のみとなる。

$$V_{polcA} = [(\text{電流増加時開始から A 点までの } A_{sec}) / (\text{放電全体の } A_{sec})] \times V_{polc0} \quad \dots\dots (7)$$

、又は、簡略的には、

を説明する。今、電流ピーク値の濃度分極を  $V_{polcp}$  とすると、 $V_{polcp}$  は次式のように表される。

【0063】そこで、式 (5) に電流増加のピーク値の座標 ( $I_p$ 、 $V_1$ ) を代入して  $a_3$  について整理すると、次式が求められる。

$$a_3 = (V_1 - b_1 I_p - c_1) / I_{p2}$$

【0064】従って、純抵抗と活性化分極だけの電圧降下曲線の式 (4) が式 (5) によって決定される。以上によって、任意時点での濃度分極による電圧降下とそれ以外、すなわち、純抵抗と活性化分極による電圧降下とを分離して求めることができるようになる。

【0065】以上のように電流増加方向での純抵抗と活性化分極だけの電圧降下曲線の式 (5) が求めたところで、式 (5) と元の式 (1) との差を求めることによって、電流増加方向での濃度分極の大きさを示す、以下のような近似式が得られることになる。

$$V_{cz} = (a_3 - a_1) I^2 \quad \dots\dots (6a)$$

そして、この式に電流増加時の任意の電流値  $I_n$  を代入することによって、任意の電流値  $I_n$  での濃度分極による電圧降下  $V_{czn}$  を次式のように算出することができる。

$$V_{czn} = (a_3 - a_1) I_n^2 \quad \dots\dots (6b)$$

ここで、電流増加方向での活性化分極抵抗  $R_{cz}$  は、以下のように表され、電流の大きさとともに変化していることが分かる。

$$R_{cz} = (a_3 - a_1) I_n \quad \dots\dots (6c)$$

【0066】一般に、純抵抗は化学反応にて生じるものでないので、バッテリーの充電状態 (SOC)、温度などが変わらなければ一定であるので、1 回のスタータモータ作動の間は一定であるといえる。これに対し、活性化分極抵抗は、イオン、電子の受渡しの際の化学反応に伴って生じる抵抗であるので、濃度分極と相互に影響し合うこともあって、活性化分極の電流増加曲線と電流減少曲線は完全に一致しないことから、式 (5) は濃度分極を除いた純抵抗と活性化分極の電流増加方向の曲線であるということができる。

【0067】続いて、電流減少曲線からの濃度分極の削除の仕方を、以下説明する。純抵抗と活性化分極の電流減少方向の関係式は、電流ピーク値における濃度分極の削除と同様の方法で可能である。

【0068】今、ピーク値以外の 2 点を A 点および B 点とし、各点における濃度分極  $V_{polcA}$ 、 $V_{polcB}$  を次式のようにして求める。

$$V_{polcA} = [\text{ピーク点からA点までの時間 } T_a / T_g] \times (V_{polc0} - V_{polc_p}) \quad \dots\dots (7')$$

$$V_{polcB} = [( \text{電流増加時開始からB点までの } A_{sec} ) / ( \text{放電全体の } A_{sec} )] \times V_{polc0} \quad \dots\dots (8)$$

又は、簡略的には、

$$V_{polcB} = [\text{ピーク点からB点までの時間 } T_b / T_g] \times (V_{polc0} - V_{polc_p}) \quad \dots\dots (8')$$

【0069】上式(7)および(8)によって、ピーク値以外に濃度分極を削除した2点が求まったら、この2点とピーク値との3点の座標を利用して次式で表される、図6に示すような、純抵抗と活性化分極の電流減少方向曲線が求められる。

$$V = a_4 I^2 + b_4 I + c_4 \quad \dots\dots (9)$$

なお、式(9)の係数 $a_4$ 、 $b_4$ 、 $c_4$ は、2点A及びBとピーク点の電流値と電圧値とを、式(9)にそれぞれ代入して立てた3点の連立方程式を解くことによって決定できる。なお、 $c_4$ は $c_1$ に等しい値になる。

$$V_{cgn} = (a_3 - a_1) I_n^2 + (b_4 - b_1) I_n \quad \dots\dots (10b)$$

ここで、電流減少方向での活性化分極抵抗 $R_{cg}$ は、以下のように表され、電流の大きさによって変化していることが分かる。

$$R_{cg} = (a_3 - a_1) I_n + (b_4 - b_1) \quad \dots\dots (10c)$$

【0071】以上によって、任意の電流値における濃度分極による電圧降下を一般化して表され、濃度分極以外による電圧降下と分離して算出することができるようになる。

【0072】次に、純抵抗の算出の仕方を説明する。上式(5)で表される濃度分極を削除した純抵抗と活性化分極の電流増加方向の曲線と、式(9)で表される同じく濃度分極を削除した純抵抗と活性化分極の電流減少方向の曲線との相違は、活性化分極の相違によるものである。活性化分極を除けば純抵抗が求められる。

【0073】ところで、活性化分極が互いに等しい値となる両曲線のピーク値に着目し、ピーク値での電流増加の微分値 $R_1$ と電流減少の微分値 $R_2$ とを次式によって求める。

$$R_1 = 2 \times a_3 \times I_p \times b_3 \quad \dots\dots (11a)$$

$$R_2 = 2 \times a_4 \times I_p \times b_4 \quad \dots\dots (11b)$$

上式によって求められる微分値 $R_1$ および $R_2$ の差は、一方が活性化分極の増加方向でのピーク値であるのに対し、他方が減少方向でのピーク値であることに基因する。そして、突入電流に相当する模擬的な放電として、0から200Aまで0.25秒かけて増加し、同じ時間をかけてピーク値から0まで減少する放電を電子負荷を使用してバッテリーに行わせた場合には、ピーク値近傍での両者の変化率が等しく、両者の中間に純抵抗による電流-電圧特性が存在すると理解できるので、両微分値を加算して2で割ることによって、純抵抗 $R$ を次式によって求めることができる。

$$R = (R_1 + R_2) / 2 \quad \dots\dots (12)$$

【0070】以上のように電流減少方向での純抵抗と活性化分極だけの電圧降下曲線の式(9)が求めたところで、式(9)と元の式(1)との差を求めることによって、電流減少方向での濃度分極の大きさを示す、以下のような近似式が得られることになる。

$$V_{cg} = (a_3 - a_1) I^2 + (b_4 - b_1) I \quad \dots\dots (10a)$$

そして、この式に電流減少時の任意の電流値 $I_n$ を代入することによって、任意の電流値 $I_n$ での濃度分極による電圧降下 $V_{cgn}$ を次式のように算出することができる。

$$V_{cgn} = (a_3 - a_1) I_n^2 + (b_4 - b_1) I_n \quad \dots\dots (10b)$$

【0074】以上は、突入電流に相当する模擬的な放電を電子負荷を使用してバッテリーに行わせた場合について説明したが、実車両の場合には、上述したようにスタータモータとして直流モータを使用しているとき、界磁コイルに突入電流が流れている間に電流はピークに達し、クランキングはピークに達した後ピーク電流の半分以下に低下した電流で作動している。従って、電流増加方向は3ミリ秒(ms)という短時間で終了してしまい、電流増加ピーク値ではほとんど濃度分極が発生しない早い電流の変化であるが、電流減少方向は電流増加方向に比べて150msという長い時間電流が流れるので、減少方向とはいえ、大きな濃度分極が発生する。ただし、クランキング期間については、突入電流の流れている期間とは異質の現象が生じているので、この期間のバッテリーの放電電流と端子電圧については、電流減少方向の電流-電圧特性を決定するためのデータとしては使用しないようにする。

【0075】このような状況で、実車両では、図7に示すように、電流増加方向は電流増加開始点とピーク値の2点間を結ぶ直線にて近似することができ、しかもこのピーク値500(A)での濃度分極の発生は0(A)と近似することも可能である。この場合には、電流増加方向については、ピーク値の微分値としては、電流増加方向の近似直線の傾きを使用することになる。

【0076】ただし、このような場合には、電流増加方向の近似直線の傾きと、電流減少方向の二次の近似式のピーク点における接線の傾きとを単純に加算平均することはできない。何故ならば、このような状況では、ピーク点までとそれ以降で、活性化分極の発生度合いが全く異なり、ピーク値近傍での両者の変化率が等しくなるという前提が成立しなくなるからである。

【0077】このような場合には、純抵抗を求めるに当

たつて、濃度分極による電圧降下を除いた第1及び第2の近似式のピーク値に対応する点における単位電流変化当たりの2つの端子電圧変化の値、すなわち、傾きに、突入電流が流れている総時間に占める単調増加期間及び単調減少期間の時間の割合をそれぞれ乗じた上で加算すればよい。すなわち、総時間を単調増加及び単調減少にそれぞれ要した時間で比例按分した按分率を各傾きに乘じた上で加算することになる。このようにすることによって、活性化分極と濃度分極とが相互に影響し合うことを考慮して純抵抗を求めることができる。すなわち、活性化分極は原則電流値に応じた大きさのものが生じるが、その時々々の濃度分極量に左右され、原則通りには生じることにならず、濃度分極が小さければ活性化分極も小さくなり、大きければ大きくなる。何れにしても、濃度分極による電圧降下を除いた2つの近似式のピーク値に対応する点における単位電流変化当たりの2つの端子電圧変化の値の中間の値をバッテリーの純抵抗の値として測定することができる。このように純抵抗を求めることによって、純抵抗による電圧降下をこれ以外による電圧降下と分離して算出することができる。

【0078】上述のように純抵抗Rが求まったときには、図6に示すように、IR電圧降下直線を描くことができ、純抵抗に電流値を乗じることによって、任意の電流値における純抵抗による電圧降下を算出することができる。なお、純抵抗については、上述した方法以外の任意の方法によって求めることもできる。要するに、純抵抗が予めわかっていることによって、活性化分極による電圧降下を求めることができる。

【0079】IR電圧降下が算出できるようになったときには、電流増加方向の濃度分極を除いた上式(5)の近似式とIRとの差を求めることによって、電流増加方向での活性化分極の大きさを示す、以下のような近似式が得られることになる。

$$V_{kz} = a_3 I^2 + (b_1 - R) I \quad \cdots \cdots (13a)$$

そして、この式に電流増加時の任意の電流値 $I_n$ を代入することによって、電流増加方向での任意の電流値 $I_n$ での活性化分極による電圧降下 $V_{kn}$ を次式のように算出することができる。

$$V_{kzn} = a_3 I_n^2 + (b_1 - R) I_n \quad \cdots \cdots (13b)$$

ここで、電流増加方向での活性化分極抵抗 $R_{kz}$ は、以下のように表され、電流の大きさによって変化していることが分かる。

$$R_{kz} = a_3 I_n + (b_1 - R) \quad \cdots \cdots (13c)$$

【0080】なお、電流減少方向の濃度分極を除いた純抵抗と活性化分極だけの電圧降下曲線の式(9)とIRとの差を求めることによって、電流減少方向での活性化分極の大きさを示す式

$$V_{kg} = a_4 I^2 + (b_4 - R) I \quad \cdots \cdots (14a)$$

が得られる。そして、この式に電流減少時の任意の電流値 $I_n$ を代入することによって、電流減少方向の任意の

電流値 $I_n$ での活性化分極による電圧降下 $V_{kg}$ を次式のように算出することができる。

$$V_{kgn} = a_4 I_n^2 + (b_4 - R) I_n \quad \cdots \cdots (14b)$$

ここで、電流減少方向での活性化分極抵抗 $R_{kg}$ は、以下のように表される。

$$R_{kg} = a_4 I_n + (b_4 - R) \quad \cdots \cdots (14c)$$

【0081】以上によって、任意の電流値における活性化分極による電圧降下を一般化して表され、活性化分極以外による電圧降下と分離して算出することができるようになる。

【0082】また、最近の車両では、モータとしては、マグネットモータなどのDCブラシレスなどの三相入力が必要とする交流モータが使用されることが増えてきている。このようなモータの場合、突入電流はそれ程早く短時間にピーク値に達することがなく、100msecほどの時間を要し、電流増加方向においても濃度分極の発生が起こるので、上述した模擬的な放電の場合と同様に、電流増加方向の電流変化曲線は二次近似することが必要になる。

【0083】また、活性化分極の電流減少方向の近似をする場合、ピーク値とこれ以外の2点を定める際、図8に示すように、B点として電流0(A)の点を使用すると、近似式を求める際の計算を簡略化することができる。

【0084】さらに、例えば、ピーク電流の1/2程度の電流値に対応する点に濃度分極の削除した点を定めた場合、図9に示すように、この点とピーク値の2点を結ぶ直線に一次近似してもよい。この場合、電流減少方向については、ピーク値の微分値としては、電流減少方向の近似直線の傾きを使用することになるが、二次曲線を使用したものと変わらない、精度のよい純抵抗が求められる。

【0085】以上要するに、濃度分極による電圧降下を除いた2つの近似式と元の近似式との差を求めることによって、濃度分極による電圧降下の近似式を求めることができる。また、濃度分極による電圧降下を除いた2つの近似式のピーク値に対応する点における単位電流変化当たりの2つの端子電圧変化の値の中間の値をバッテリーの純抵抗の値として測定することができる。さらに、求めた純抵抗によるIR直線式と濃度分極による電圧降下を除いた2つの近似式との差を求めることによって活性化分極による電圧降下の近似式を求めることができる。

【0086】そこで、車載バッテリー純抵抗測定方法を、負荷として、増加する放電電流及び減少する放電電流のいずれにおいても濃度分極の発生を伴う突入電流が流れる例えばスタータモータが使用されている場合について具体的に説明する。

【0087】負荷が動作されると、バッテリーからは定常値を越えて単調増加しピーク値から定常値に単調減少する放電電流が流れる。このときのバッテリーの放電電流と

10

20

30

40

50

端子電圧とを、例えば 100 マイクロ秒 ( $\mu\text{sec}$ ) の周期にてサンプリングすることで周期的に測定し、バッテリーの放電電流と端子電圧との組が多数得られる。

【0088】このようにして得られたバッテリーの放電電流と端子電圧との組の最新のものを、所定時間分、例えば RAM などの書換可能な記憶手段としてのメモリに格納、記憶して収集する。メモリに格納、記憶して収集した放電電流と端子電圧との組を用いて、最小二乗法により、端子電圧と放電電流との相関を示す増加する放電電流及び減少する放電電流に対する電流-電圧特性について式 (1) 及び (2) に示すような 2 つの二次近似式を求め、次に、この 2 つの近似式から濃度分極による電圧降下を削除し、濃度分極を含まない修正した二次近似式を求める。

【0089】このために、まず、式 (1) 及び (2) の近似式の電流が流れていない 0 (A) の時の電圧差を、純抵抗と活性化分極による電圧降下はなく、濃度分極によるものであるとして求める。また、この電圧差を利用して、増加する放電電流についての電流-電圧特性の近似式 (1) 上の電流ピーク値での濃度分極による電圧降下を求める。このために、濃度分極は、電流の大きさに電流の流れた時間を乗じた電流時間積によって変化していることを利用する。

【0090】増加する放電電流についての電流-電圧特性の近似式上の電流ピーク値での濃度分極による電圧降下が求まったら次に、濃度分極の含まない近似式と含む近似式のいずれも定数及び一次係数が等しいとして、含まない近似式の二次係数を定め、増加する放電電流についての電流-電圧特性の近似式について修正した二次近似式 (5) を求める。

【0091】次に、減少する放電電流に対する電流-電圧特性について近似式 (2) から濃度分極の含まない近似式を求める。このために、ピーク値以外に濃度分極を削除した 2 点を求める。この際に、濃度分極は、電流の大きさに電流の流れた時間を乗じた電流時間積によって変化していることを利用する。そして、ピーク値以外に濃度分極を削除した 2 点が求まったら、この 2 点とピーク値との 3 点の座標を利用して、減少する放電電流についての電流-電圧特性の近似式 (2) について修正した二次近似式 (9) を求める。

【0092】上述のようにして求められた二次近似式 (5) 及び (9) と元の近似式 (1) 及び (2) との差をとって、濃度分極近似式 (6a) 及び (14a) が求められる。また、純抵抗 R を求めることにより、I R 直線式と二次近似式 (5) 及び (9) との差を取ることで活性化分極近似式 (13a) 及び (14a) が求められる。

【0093】なお、純抵抗を求めるためには、上式 (5) で表される濃度分極を削除した純抵抗と活性化分極の電流増加方向の修正二次近似式と、式 (9) で表さ

れる濃度分極を削除した純抵抗と活性化分極の電流減少方向の修正二次近似式は、活性化分極の相違によるものである。このために、両近似式のピーク値に着目し、ピーク値での電流増加の微分値と電流減少の微分値との差は、一方が活性化分極の増加方向であるのに対し、他方が減少方向であることに基因するものであるが、ピーク値近傍での両者の変化率の中間に純抵抗による電流-電圧特性が存在するとし、両微分値に突入電流が流れている総時間に占める単調増加期間及び前記単調減少期間の時間の割合をそれぞれ乗じた上で加算することによって、純抵抗を求める。

【0094】例えば、電流増加時間が 3 msec、電流減少時間が 100 msec とし、ピーク値での電流増加の微分値を  $R_{\text{polk1}}$ 、と電流減少の微分値を  $R_{\text{polk2}}$  とすると、以下のようなようにして純抵抗 R を算出することができる。

$$R = R_{\text{polk1}} \times 100 / 103 + R_{\text{polk2}} \times 3 / 103$$

【0095】上述したようなことを可能にして本発明の車載バッテリー純抵抗測定方法を実施する装置の具体的な実施の形態を、図 2 に戻って以下説明する。

【0096】図 2 は本発明の車載バッテリーにおける放電時電圧降下成分分離算出方法を適用した本発明の一実施形態に係る車載バッテリーにおける放電時電圧降下成分分離算出装置の概略構成を一部ブロックにて示す説明図であり、本実施形態の車載バッテリーの純抵抗測定装置は、エンジン 3 に加えてモータジェネレータ 5 を有するハイブリッド車両に搭載されている。

【0097】そして、このハイブリッド車両は、通常時はエンジン 3 の出力のみをドライブシャフト 7 からディファレンシャルケース 9 を介して車輪 11 に伝達して走行させ、高負荷時には、バッテリー 13 からの電力によりモータジェネレータ 5 をモータとして機能させて、エンジン 3 の出力に加えてモータジェネレータ 5 の出力をドライブシャフト 7 から車輪 11 に伝達し、アシスト走行を行わせるように構成されている。

【0098】また、このハイブリッド車両は、減速時や制動時にモータジェネレータ 5 をジェネレータ (発電機) として機能させ、運動エネルギーを電気エネルギーに変換してバッテリー 13 を充電させるように構成されている。

【0099】なお、モータジェネレータ 5 はさらに、図示しないスタータスイッチのオンに伴うエンジン 3 の始動時に、エンジン 3 のフライホイールを強制的に回転させるスタータモータとして用いられるが、その場合にモータジェネレータ 5 には、短時間に大きな突入電流が流される。スタータスイッチのオンによりモータジェネレータ 5 によってエンジン 3 が始動されると、イグニッションキー (図示せず。) の操作解除に伴って、スタータスイッチがオフになってイグニッションスイッチやアク

セサリスイッチのオン状態に移行し、これに伴ってバッテリー 13 から流れる放電電流は、定常電流に移行する。

【0100】話を構成の説明に戻すと、本実施形態の車載バッテリーの純抵抗測定装置は、アシスト走行用のモータやスタータモータとして機能するモータジェネレータ 5 等、電装品に対するバッテリー 13 の放電電流  $I$  や、ジェネレータとして機能するモータジェネレータ 5 からのバッテリー 13 に対する充電電流を検出する電流センサ 15 と、バッテリー 13 に並列接続した 1M オーム程度の抵抗値を有し、バッテリー 13 の端子電圧  $V$  を検出する電圧センサ 17 とを備えている。

【0101】また、本実施形態の車載バッテリーの純抵抗測定装置は、上述した電流センサ 15 及び電圧センサ 17 の出力がインタフェース回路（以下、「 $I/F$ 」と略記する。）21 における  $A/D$  変換後に取り込まれるマイクロコンピュータ（以下、「マイコン」と略記する。）23 をさらに備えている。

【0102】そして、前記マイコン 23 は、CPU 23 a、RAM 23 b、及び、ROM 23 c を有しており、このうち、CPU 23 a には、RAM 23 b 及び ROM 23 c の他、前記  $I/F$  21 が接続されており、また、上述した図示しないスタータスイッチ、イグニッションスイッチやアクセサリスイッチ、モータジェネレータ 5 以外の電装品（負荷）のスイッチ等が、さらに接続されている。

【0103】前記 RAM 23 b は、各種データ記憶用のデータエリア及び各種処理作業に用いるワークエリアを有しており、前記 ROM 23 c には、CPU 23 a に各種処理動作を行わせるための制御プログラムが格納されている。

【0104】なお、上述した電流センサ 15 及び電圧センサ 17 の出力である電流値及び電圧値は、短い周期で高速にサンプリングされて  $I/F$  21 を介して、マイコン 23 の CPU 23 a に取り込まれ、取り込まれた電流値及び電圧値は前記 RAM 23 b のデータエリア（記憶手段に相当する）に収集され、各種の処理のために使用される。

【0105】次に、前記 ROM 23 c に格納された制御プログラムに従い CPU 23 a が行う処理を、図 10 のフローチャートを参照して説明する。

【0106】バッテリー 13 からの給電を受けてマイコン 23 が起動しプログラムがスタートすると、CPU 23 a は、まず初期設定を実行する（ステップ S1）。

【0107】ステップ S1 の初期設定が済んだならば、次に、CPU 23 a は、イグニッション（IG）スイッチがオンされたか否かを判定し（ステップ S2）、判定が YES にならないときには他の処理（ステップ S3）を行う。なお、このステップ S3 の処理では、500  $\mu$  sec のサンプリング周期で放電電流及び端子電圧を測定して収集することも行っており、この処理をステップ

S2 の判定が YES になるまで繰り返す。そして、IG スwitch のオンが検出されたときには（ステップ S2 の YES）、急激に変化するスタータモータの駆動時の急激に変化する突入電流を測定することができるように、サンプリング周期を 500  $\mu$  sec から 100  $\mu$  sec に短くする（ステップ S4）。

【0108】その後、電流センサ 15 の検出したバッテリー 13 の放電電流  $I$  と電圧センサ 17 の検出したバッテリー 13 の端子電圧  $V$  との  $A/D$  変換値を対にして  $I/F$  21 を介して読み込み、読み込んだ実データを RAM 23 b のデータエリアに格納、記憶して収集する実データ収集処理を実行する（ステップ S5）。

【0109】このステップ S5 において実データ収集処理を行っている過程で、収集した前後の実データの大小関係を比較することによって突入電流のピーク値を検出する（ステップ S6）。ピーク値が検出されたとき（ステップ S6 の YES）には、ピーク値検出からの時間を計時し、所定時間が経過するまで実データの収集を継続し、所定時間経過した時点（ステップ S7 の YES）で、ピーク値の前後の所定時間分の実データを保持する（ステップ S8）とともに、ピーク値を検出してから所定時間後にサンプリング周期を元の 500  $\mu$  sec に戻す（ステップ S9）。

【0110】そして、収集保持した所定時間分の実データが分析され、最小二乗法を適用して、電流－電圧特性の二次近似式を求めるのに適当なものであるかどうか判定される。すなわち、バッテリーから、0 からピーク値まで単調増加する放電電流とピーク値から定常値まで単調減少する放電電流が流れているかどうかを分析する分析処理を行う（ステップ S10）。

【0111】ステップ S10 における分析の結果、電流－電圧特性の二次近似式を求めるのに適当なものが収集されているとき（ステップ S11 の YES）、増加する放電電流及び減少する放電電流に対する式（1）及び（2）で表される電流－電圧特性の二次近似式を求める近似式算出処理を実行する（ステップ S12）。

【0112】ステップ S12 の二次近似式算出処理によって求めた二次近似式から、上述した方法によって濃度分極近似式、バッテリーの純抵抗、及び活性化分極近似式を求めるための演算処理を実行する。そして、求めた濃度分極近似式及び活性化分極近似式に任意の電流値を代入することによって、任意の電流値における濃度分極及び活性化分極による電圧降下を他の電圧降下成分と分離してそれぞれ算出することができる（ステップ S13）。なお、この演算処理においては、二次式に濃度分極による電圧降下が含まれている場合、この電圧降下を除いた修正二次近似式を求める修正二次近似式算出処理を行い、この修正二次近似式を用いてバッテリーの純抵抗を求めるための演算処理を実行することになり、この場合には、増加する突入電流及び減少する突入電流に対す

る放電電流－端子電圧特性の 2 つの修正二次近似式のピーク値での微分値を算出した上で、2 つの微分値の中間の値をバッテリーの純抵抗として求める演算を行う。そして、この求めたバッテリーの純抵抗は種々の目的で使用するため、RAM 23b のデータエリアに格納されて記憶される（ステップ S 14）。ステップ S 14 の処理が終了したら、次にステップ S 2 の判定が YES となるのを待つ。

【0113】この微分値の中間の値を求める方法としては、突入電流の流れ形によって 2 つの方法がある。突入電流の増加方向の時間と減少方向の時間とがほぼ等しいときには、2 つの微分値の加算平均値を純抵抗として求める演算を行う。これに対して、突入電流の増加方向の時間と減少方向の時間とが大きく異なるときには、増加する放電電流に対する電流－電圧特性の修正二次近似式のピーク値での微分値に、放電電流の総時間に占める増加する放電電流の流れた時間の比率を乗じたものと、減少する放電電流に対する電流－電圧特性の 2 つの修正二次近似式のピーク値での微分値に、放電電流の総時間に占める減少する放電電流の流れた時間の比率を乗じたものとを加算した加算値を純抵抗として求める演算を行う。いずれの方法で純抵抗を求めた場合にも、バッテリーの純抵抗は 2 つの微分値の中間の値として求められる。

【0114】また、図 10 のフローチャートに示した例では、第 1 及び第 2 の近似式が共に二次近似式としているが、第 1 の近似式が一次近似式であるときには、修正近似式を求める処理は当然に不要になる。そして、この場合には、一次式の傾きを微分値に代えて利用することになる。

【0115】また、本実施形態の車載バッテリーの純抵抗測定装置ではフローチャートにおけるステップ S 5 が請求項中の電流・電圧測定手段に対する処理となっており、ステップ S 12 が請求項中の近似式算出手段に対応する処理となっており、ステップ S 13 が請求項中の演算手段に対応する処理となっている。

【0116】次に、上述のように構成された本実施形態の車載バッテリーの純抵抗測定装置の動作（作用）について説明する。

【0117】まず、スタータモータの駆動開始に伴いバッテリー 13 が放電を行っている状態で、スタータモータに定常値を越えて単調増加しピーク値から定常値に単調減少する突入電流が流れたときのバッテリーの端子電圧と放電電流とが周期的に測定される。

【0118】また、本実施形態の車載バッテリーの純抵抗測定装置では、周期的に測定されたピーク値の前後の所定時間分の実データを、RAM 23b のデータエリアに格納、記憶して収集され、収集された放電電流 I と端子電圧 V との所定時間分の実データは分析され、最小二乗法を適用して、電流－電圧特性の二次の近似式を求めるのに適当なものであるかどうかと判定される。すなわ

ち、バッテリーから定常値を越えて単調増加しピーク値から定常値以下に単調減少する放電電流が流れているかどうかと分析される。

【0119】このため、電流－電圧特性の二次の近似式を求めるのに適当なものが収集されるまで、近似式算出処理が行われることがなく、近似式算出処理も、既に収集した所定時間分の実データを用いて行われればよいので、端子電圧と放電電流との周期的な測定に同期して処理を行わなくてもよく、早い処理速度を必要としない。

【0120】なお、上述した実施の形態では、スタータモータが駆動開始されるときに放電電流に含まれる突入電流についてのみ注目して本発明を実施しているが、大きさこそ異なるもののスタータモータと同様に駆動開始時に突入電流の流れるスタータモータ以外の負荷にも等しく適用することができる。ただし、この場合には、IG スイッチの代わりに、負荷駆動開始時点を負荷スイッチのオン操作を捕らえて、ステップ S 4 の処理を行うことになり、それ以外の処理は図 10 のフローチャートと実質的に同じ処理を行うことよい。

【0121】なお、上述のように端子電圧の電圧降下成分を分離して算出し、知ることができることによって、各成分の変化によって車載バッテリーの各種の状態を推定するために利用することができるようになるが、車載以外のバッテリーにも適用できることは、具体的な適用例を挙げて説明するまでもなく明らかである。

【0122】

【発明の効果】以上説明したように、請求項 1 記載の発明によれば、負荷に突入電流が流れている期間、バッテリーの放電電流とこの放電電流に対応する端子電圧とを周期的に測定し、この測定の結果得られる放電電流と端子電圧との相関を示す増加する放電電流に対する放電電流－端子電圧特性の第 1 の近似式と、減少する放電電流に対する電流－電圧特性の第 2 の近似式とを求め、第 1 及び第 2 の近似式の放電電流 0 である点におけるバッテリーの端子電圧の差を、突入電流が流れたことによって発生した総濃度分極による電圧降下と見なしているため、バッテリーを通常状態で使用している際でも、バッテリーから負荷に電力を供給したときバッテリーから放電される放電電流とこれに伴って変化する端子電圧との関係を示す I－V 特性において、濃度分極による電圧降下以外による電圧降下も分離して算出するために利用することができる。バッテリーにおける放電時電圧降下成分算出方法を提供することができる。

【0123】請求項 2 及び 18 記載の発明によれば、負荷に突入電流が流れている期間、バッテリーの放電電流とこの放電電流に対応する端子電圧とを周期的に測定し、この測定の結果得られる放電電流と端子電圧との相関を示す増加する放電電流に対する放電電流－端子電圧特性の第 1 の近似式と、減少する放電電流に対する電流－電圧特性の第 2 の近似式とを求め、第 1 及び第 2 の近似式



の放電電流 0 である点におけるバッテリーの端子電圧の差を、突入電流が流れたことによって発生した総濃度分極による電圧降下と見なしている、この差に基づいて任意の電流値における濃度分極による電圧降下を算出して濃度分極による電圧降下とそれ以外による電圧降下に分離して算出できるバッテリーにおける放電時電圧降下成分分離算出方法及び装置を提供することができる。

【0124】上述した請求項 3 又は 19 記載の発明によれば、濃度分極の大きさが電流の大きさとその流れている時間とに比例していることに着目し、任意の電流値における濃度分極による電圧降下を、突入電流が流れている期間に生じる総濃度分極に対する任意の電流値までの放電電流が流れた期間に生じる濃度分極の比率を差に乗じて算出している、任意時点での濃度分極による電圧降下を他と分離して算出している、任意時点での濃度分極による電圧降下を他と分離して算出することができるバッテリーにおける放電時電圧降下成分分離算出方法を提供することができる。

【0125】上述した請求項 4 記載の発明によれば、突入電流がピーク値まで増加する期間に生じる濃度分極の総濃度分極に対する比率を上記差に乗じてピーク値における濃度分極による電圧降下を算出して、突入電流のピーク値での、端子電圧の電圧降下成分を濃度分極によるものとそれ以外のものに分離して算出できるので、突入電流のピーク値での端子電圧から濃度分極による電圧降下を削除するために利用することができるバッテリーにおける放電時電圧降下成分分離算出方法を提供することができる。

【0126】上述した請求項 5 又は 20 記載の発明によれば、第 1 及び第 2 の近似式の放電電流 0 である点におけるバッテリーの端子電圧の差を、突入電流が流れたことによって発生した濃度分極による電圧降下と見なしている、この電圧降下に突入電流の総時間に対する増加時間の比率を乗じてピーク値における濃度分極による電圧降下を求め、これを端子電圧に加算してピーク値における濃度分極による電圧降下とそれ以外による電圧降下に分離して算出できるので、バッテリーを通常状態で使用している際、すなわち、車両使用中でも、車載バッテリーから車両の負荷に電力を供給したときバッテリーから放電される放電電流とこれに伴って変化する端子電圧との関係を示す I-V 特性において、放電電流の大きさに応じて降下する端子電圧中の電圧降下成分を分離して算出するバッテリーにおける放電時電圧降下成分分離算出方法及び装置を提供することができる。

【0127】上述した請求項 6 記載の発明によれば、突入電流の任意の電流値での端子電圧から濃度分極による電圧降下を削除するために利用することができるバッテリーにおける放電時電圧降下成分分離算出方法を提供することができる。

【0128】上述した請求項 7 記載の発明によれば、突

入電流の減少期間の任意の電流値での端子電圧から濃度分極による電圧降下を削除するために利用することができるバッテリーにおける放電時電圧降下成分分離算出方法を提供することができる。

【0129】上述した請求項 8 記載の発明によれば、濃度分極以外による電圧降下成分が、純抵抗及び活性化分極による電圧降下成分であって、端子電圧の電圧降下を濃度分極による電圧降下と純抵抗及び活性化分極による電圧降下とに分離して算出できるバッテリーにおける放電時電圧降下成分分離算出方法を提供することができる。

【0130】上述した請求項 9 記載の発明によれば、濃度分極のみによる電圧降下が第 1 及び第 2 の濃度成分近似式により一般化され、個々の電圧降下を分離して算出しなくてもよいバッテリーにおける放電時電圧降下成分分離算出方法を提供することができる。

【0131】上述した請求項 10 記載の発明によれば、端子電圧の電圧降下を、濃度分極による電圧降下、純抵抗による電圧降下、及び、活性化分極による電圧降下に分解して算出することができるバッテリーにおける放電時電圧降下成分分離算出方法を提供することができる。

【0132】上述した請求項 11 記載の発明によれば、濃度分極による電圧降下以外の電圧降下から純抵抗による電圧降下を分離して算出することができるバッテリーにおける放電時電圧降下成分分離算出方法を提供することができる。

【0133】上述した請求項 12 記載の発明によれば、ピーク値に対応する点での活性化分極の変化が等しくなる場合には、第 1 及び第 2 の近似式のピーク値に対応する点における微分値を加算して 2 で割ることで、バッテリーの純抵抗を測定し、簡単に純抵抗による電圧降下成分を分離して算出できるバッテリーにおける放電時電圧降下成分分離算出方法を提供することができる。

【0134】上述した請求項 13 記載の発明によれば、活性化分極と濃度分極とが相互に影響し合うことを考慮した中間の値を求め、バッテリーの純抵抗の値として測定し、精度良く純抵抗による電圧降下成分を分離して算出できるバッテリーにおける放電時電圧降下成分分離算出方法を提供することができる。

【0135】上述した請求項 14 記載の発明によれば、精度良く濃度分極を除いた修正近似式を得ることができる、精度良く電流増加時の電圧降下成分を分離して算出できるバッテリーにおける放電時電圧降下成分分離算出方法を提供することができる。

【0136】上述した請求項 15 記載の発明によれば、濃度分極による電圧降下を除いた第 2 の二次修正近似式を簡単に求めることができ、精度良く電流減少時の電圧降下成分を分離して算出できるバッテリーにおける放電時電圧降下成分分離算出方法を提供することができる。

【0137】上述した請求項 16 記載の発明によれば、第 1 及び第 2 の修正近似式が共に二次式であるとき、ビ

ーク値での微分値の中間の値を求めるだけの単純な計算によって純抵抗を測定し、簡単に純抵抗による電圧降下成分を分離して算出できるバッテリーにおける放電時電圧降下成分分離算出方法を提供することができる。

【0138】 上述した請求項17記載の発明によれば、活性化分極のみによる電圧降下が第1及び第2の活性化成分近似式により一般化され、個々の電圧降下を分離して算出しなくて、端子電圧の電圧降下を、濃度分極による電圧降下、純抵抗による電圧降下、及び、活性化分極による電圧降下に分解して算出できるバッテリーにおける放電時電圧降下成分分離算出方法を提供することができる。

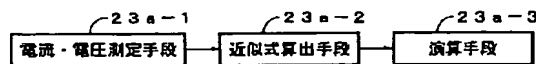
#### 【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明のバッテリーにおける放電時電圧降下成分分離算出装置の基本構成を示すブロック図である。

【図2】 本発明のバッテリーにおける放電時電圧降下成分分離算出方法を適用した本発明の一実施形態に係る車載バッテリーにおける放電時電圧降下成分分離算出装置の概略構成を一部ブロックにて示す説明図である。

【図3】 スタータモータ駆動開始時の突入電流を伴う放電電流の一例を示すグラフである。

【図1】



【図4】 二次近似式で表したI-V特性の一例を示すグラフである。

【図5】 増加方向の近似式からの濃度分極の除き方の一例を説明するためのグラフである。

【図6】 減少方向の近似式からの濃度分極の除き方の一例を説明するためのグラフである。

【図7】 増加方向を一次近似式で表したI-V特性の一例を示すグラフである。

【図8】 減少方向の近似式からの濃度分極の除き方の他の例を説明するためのグラフである。

【図9】 減少方向の近似式からの濃度分極の除き方の別の例を説明するためのグラフである。

【図10】 図2中のマイコンが放電時電圧降下成分分離算出のため予め定めたプログラムに従って行う処理を示すフローチャートである。

【図11】 放電に伴う端子電圧の電圧降下の内訳を一般的に示すI-V特性を示すグラフである。

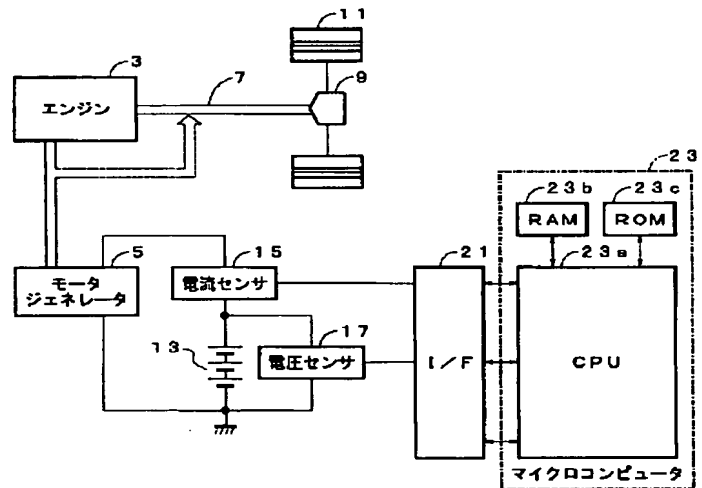
#### 【符号の説明】

23a-1 電流・電圧測定手段 (CPU)

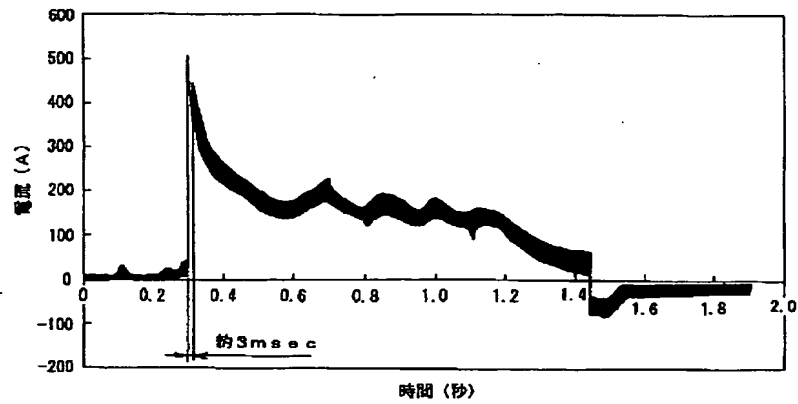
23a-2 近似式算出手段 (CPU)

23a-3 演算手段 (CPU)

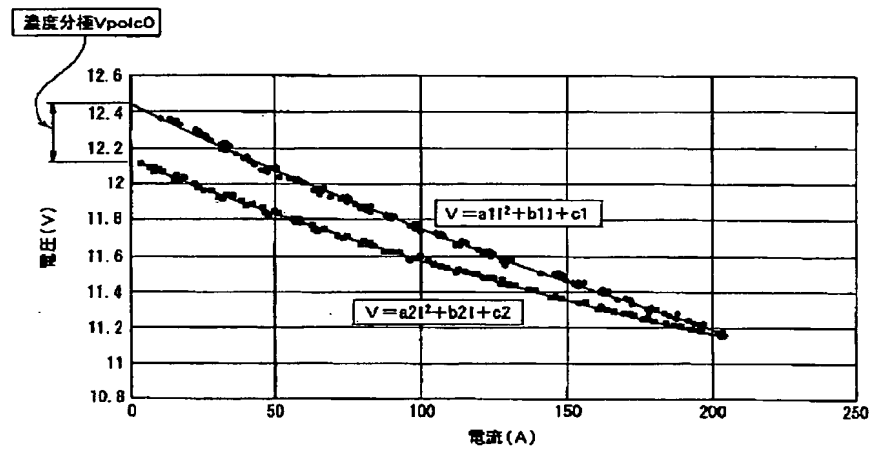
【図2】



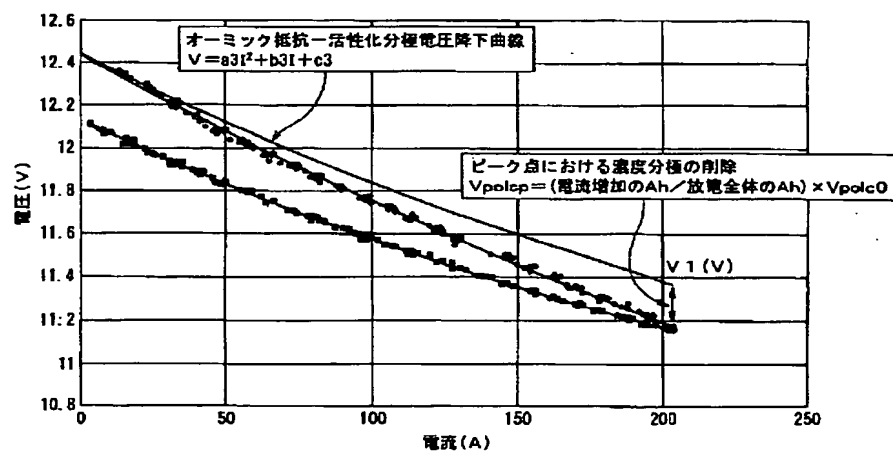
【図3】



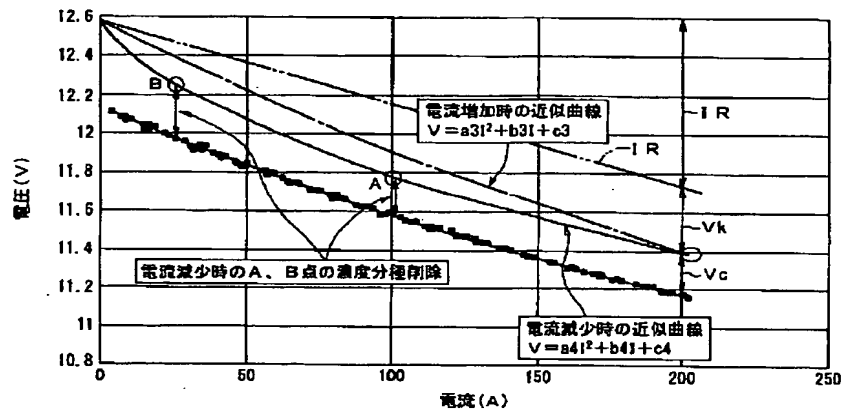
【図4】



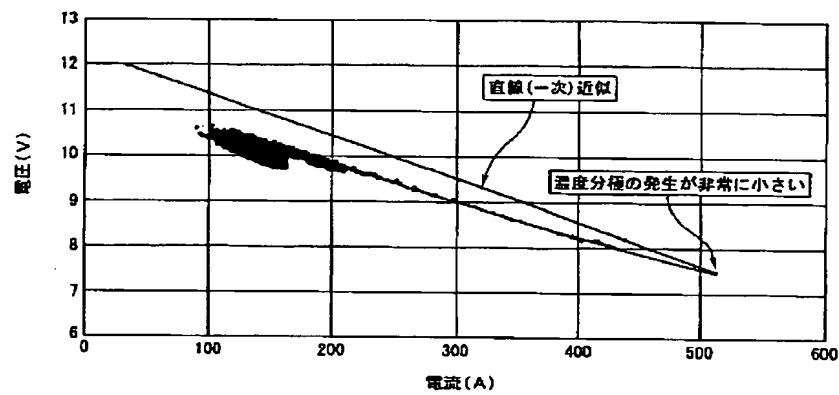
【図5】



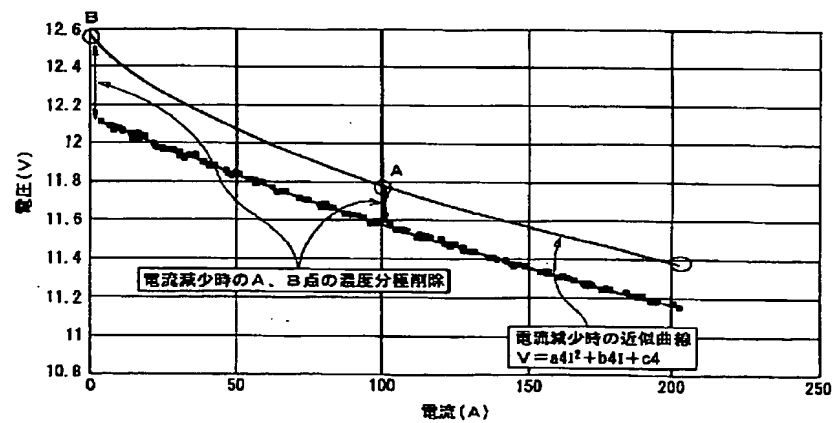
【図 6】



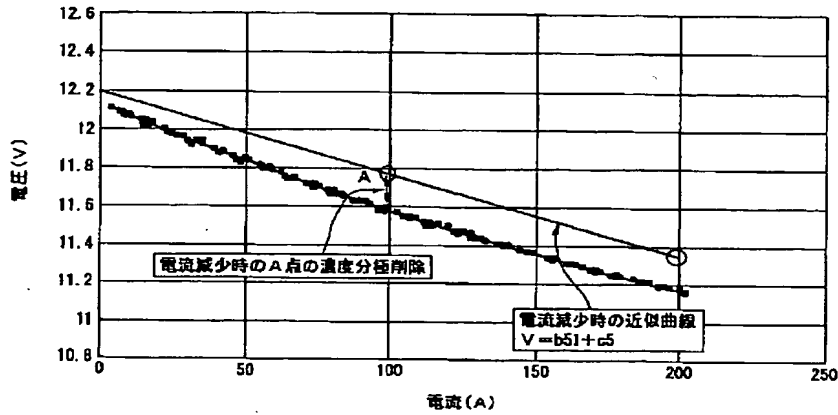
【図 7】



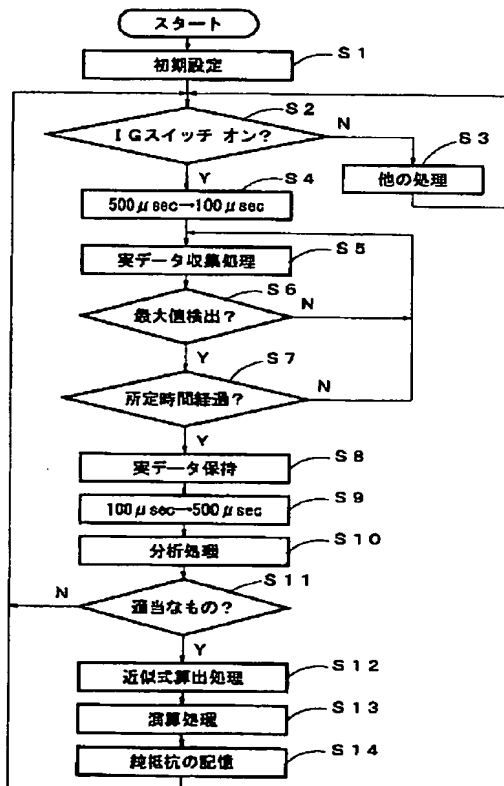
【図 8】



【図9】



【図10】



【図11】

